

# SIMULASI PERANCANGAN MODEL SKEMA ANTRIAN PADA JARINGAN WAN UNTUK PENINGKATAN LAYANAN KINERJA MULTIMEDIA

Djoko Suprijatmono<sup>1</sup>, Khoirul Mukhlis<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Institut Sains dan Teknologi Nasional<sup>1 2</sup>

email<sup>1</sup> : djokojte@gmail.com

## Abstract

*This research implements several queuing scenarios, such as FIFO (First in First out), PQ (Priority Queuing) and WFQ (Weighted Fair Queuing) on routers connected to WAN networks. Simulations are carried out using OPNET Modeler 14.5 with a WAN network topology that connects the Data Center with several different city users or clients, for QoS parameters such as packet loss, delay, and jitter in multimedia services such as FTP, video, and VoIP. The reference of QoS standard is the standard issued by ETSI (European Telecommunications Standards Institute) and ITU (International Telecommunication Union). The use of queuing scheme is also effective for reducing the value of delay and jitter for video and VoIP services, as proven in the graph that looks down from the beginning to the end. The WFQ queue scheme overall has the best QoS value, which means it provides weight with 50% on the video, 40% on the VoIP, and 10% on FTP proved effective for the design of topology and configuration in these research. Results all of queuing scheme such as FIFO, PQ, and WFQ queues generally satisfy of the QoS standards issued by ETSI and ITU, but delays in VoIP services have more value than the preferred standards but still far from the limit standards.*

**Keywords:** WAN, QoS, FIFO, PQ, WFQ

## PENDAHULUAN

Penempatan ruang *server* pada *data center* di luar kota yang terhubung pada jaringan WAN merupakan sebuah efektivitas, namun yang jadi kendala adalah bagaimana dengan kualitas layanan jika antara *server* dengan *client* terhubung dengan jaringan WAN yang sangat jauh di luar kota. Agar kualitas layanan tetap terjaga, maka harus memperhatikan aspek QoS (*Quality of Service*).

Skema antrian merupakan fitur pada *router* untuk manajemen paket yang ditransmisikan pada jaringan. Penelitian ini mengimplementasikan skema antrian FIFO (*First in First Out*), PQ (*Priority Queuing*) dan WFQ (*Weighted Fair Queuing*) pada *router*. Penelitian ini akan dilakukan analisa terhadap parameter QoS berupa *packet loss*, *delay*, dan *jitter* yang dibandingkan dengan standar yang dikeluarkan ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) dan ITU (*International Telecommunication Union*) pada layanan multimedia berupa FTP, *video*, dan VoIP.

## DASAR TEORI

### Standar QoS (*Quality of Services*)

#### ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*)

*European Telecommunications Standards Institute* atau biasa disingkat ETSI merupakan organisasi standardisasi independen dan nonprofit yang menyediakan peralatan, operator jaringan, dan standar yang dapat digunakan secara global untuk industri telekomunikasi yang berbasis di Eropa. Berikut standar QoS yang dikeluarkan oleh ETSI [1]:

Tabel 2.1: Standar QoS oleh ETSI

Category	Packet Loss	Delay	Jitter
Perfect	< 3 %	< 150 ms	< 1 ms
Good	< 14 %	< 300 ms	< 75 ms
Medium	< 24 %	< 450 ms	< 125 ms
Poor	> 25 %	> 450 ms	> 225 ms

#### ITU (*International Telecommunication Union*)

*International Telecommunication Union* atau himpunan Telekomunikasi Internasional adalah *specialized agency* Perserikatan Bangsa – Bangsa yang berwenang mengatur seluruh permasalahan telekomunikasi internasional [2].

Dengan memerhatikan semakin pentingnya telekomunikasi bagi pemeliharaan perdamaian dan pembangunan ekonomi sosial semua negara, ITU dibentuk dengan tujuan memudahkan hubungan-hubungan damai, kerja sama internasional antara bangsa-bangsa dan pembangunan ekonomi dan sosial dengan pemanfaatan jasa telekomunikasi. Berikut standar QoS yang dikeluarkan oleh ITU pada tabel 2.2 :

### Skema Antrian

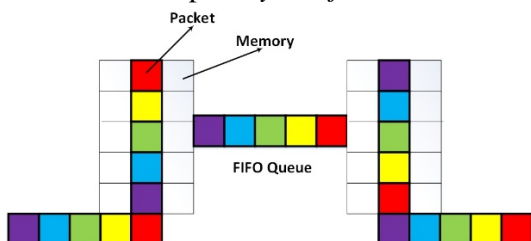
#### FIFO (First in First out)

Router bekerja pada layer ketiga atau *network* layer pada model layer OSI. Pada layer ketiga, data yang berasal dari layer diatasnya (*transport*, *session*, *presentation*, dan *application*) di enkapsulasi pada satuan yang disebut paket.

Tabel 2.2 : Standar QoS oleh ITU

Services/ Application	Degree of Symmetry	Key Performance Parameters and Target Values		
		End-to-End Delay	Delay Variation	Information Loss
Audio / Conversational Voice	Two Way	< 150 ms Preferred < 400 ms Limit	< 1 ms	< 3 %
Audio / Voice Message	One Way	< 1 s Playback < 2 s Record	< 1 ms	< 3 %
Audio / Audio Streaming	One Way	< 10 s	< 1 ms	< 1 %
Video /Video Conference	Two Way	< 150 ms Preferred < 400 ms Limit		< 1 %
Video / Video Streaming	One Way	< 10 s		< 1 %
Data	One Way			0

Kedatangan paket pada router berbeda – beda yang kemudian disimpan terlebih dahulu di *memory* router dan diatur dengan mekanisme paket yang datang lebih dahulu akan dilayani dan diteruskan dahulu menuju media transmisi berikutnya. Skema antrian FIFO tidak mengenal prioritas atau bobot sehingga paket yang diprioritaskan seperti layanan *real time* akan rentan terhadap *delay* dan *jitter*.

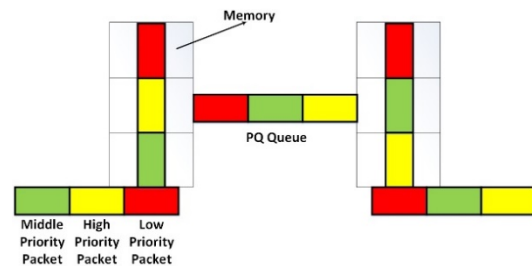


Gambar 2.1 Model Skema Antrian FIFO

#### PQ (Priority Queuing)

Pada skema antrian PQ, semua paket diklasifikasikan dahulu oleh *memory* router dan kemudian ditempatkan ke dalam antrian prioritas yang berbeda yaitu prioritas tinggi, prioritas

menengah, dan prioritas rendah. Suatu paket diantrikan oleh *router* pada antrian awal hanya jika semua antrian dengan prioritas lebih tinggi dalam kondisi kosong. Ketika paket dengan prioritas tinggi berada pada trafik yang padat, paket dengan prioritas rendah akan tetap di *hold* oleh *router*, sehingga paket prioritas rendah memungkinkan adanya *delay* dan *packet loss*.

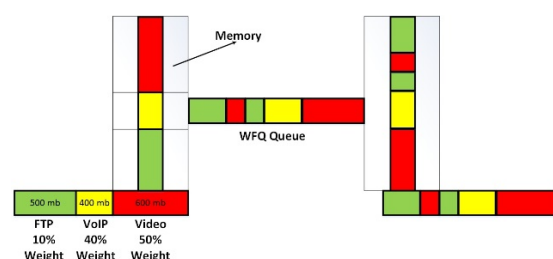


Gambar 2.2 Model Skema Antrian PQ

#### WFQ (Weighted Fair Queuing)

Tujuan utama dari metode WFQ adalah untuk menjamin *fairness* di antara semua jenis paket dengan pemberian bobot pada masing – masing klasifikasi jenis konten paket. Dalam metode antrian WFQ, paket dengan level prioritas rendah pun akan terlayani dan mendapat jaminan *resources* dari jaringan, paket yang bersifat *real time* seperti *video* dan VoIP dapat dikonfigurasi menggunakan bobot konten yang lebih tinggi, sehingga akan meminimalisir terjadinya *packet loss*, *delay* dan *jitter*.

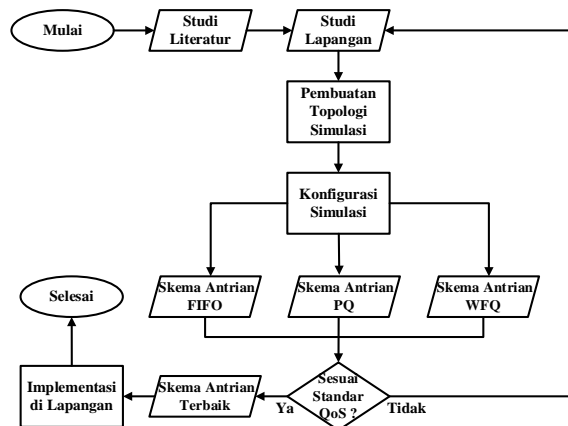
Pada gambar 2.4 dapat terlihat bahwa administrator jaringan sebelumnya sudah mengkonfigurasi *router* pada skema antrian WFQ dengan bobot konten paket 50% untuk *video*, 40% untuk VoIP, dan 10% untuk FTP. *Link* media transmisi memiliki *bandwidth* sebesar 100 mbps, kemudian datang beberapa paket layanan multimedia yaitu paket *video* sebesar 600 mb, paket VoIP sebesar 400 mb, dan paket FTP sebesar 500 mb. Secara otomatis *memory* router akan memecah paket berdasarkan persentase pembagian bobot sesuai *bandwidth* link media transmisi. Paket *video* akan dikirimkan pertama sebesar 500 mb, dilanjut dengan paket VoIP sebesar 400 mb, kemudian paket FTP sebesar 100 mb, kemudian paket *video* yang tersisa yaitu 100 mb, dan terakhir paket FTP yang tersisa sebesar 400 mb.



Gambar 2.3 Model Skema Antrian WFQ

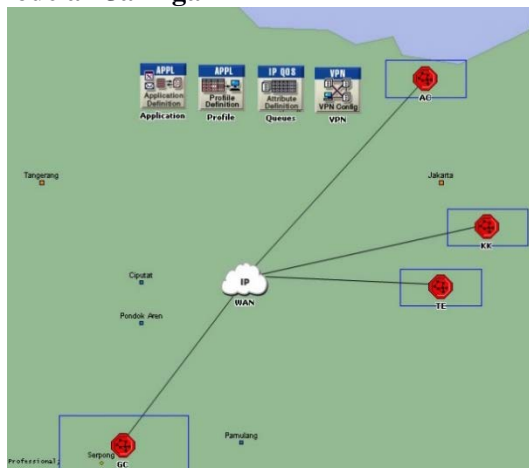
## PERANCANGAN DAN SIMULASI

Berikut urutan diagram alir dari penelitian ini:



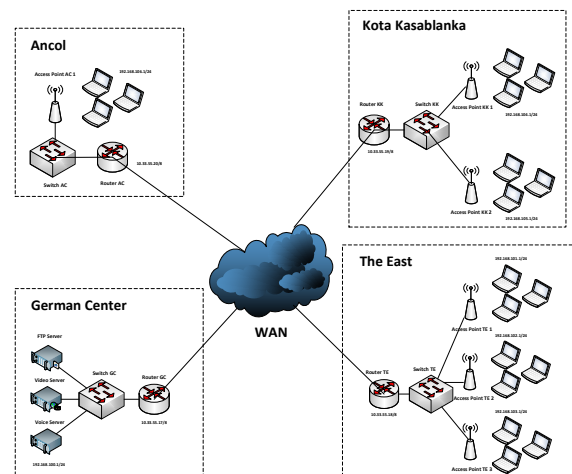
Gambar 3.1 Diagram *Flowchart* Penelitian Skripsi

## Pemodelan Jaringan



Gambar 3.2 Topologi Jaringan yang Dirancang pada Opnet Modeler

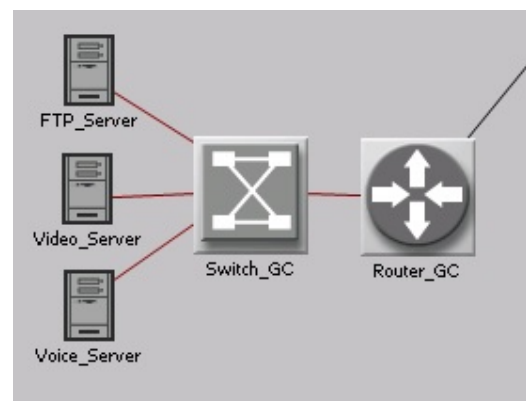
Gambar 3.2 merupakan sebuah topologi infrastruktur jaringan WAN (Wide Area Network) yang menghubungkan *server* di Data Center gedung German Center di kawasan Serpong BSD Tangerang yang selanjutnya akan disingkat dengan GC, yang terhubung dengan ketiga *site client* yaitu gedung The East di kawasan Mega Kuningan Jakarta Selatan yang selanjutnya akan disingkat dengan TE, gedung Kota Kasablanka di jalan Kasablanka Jakarta Selatan yang selanjutnya akan disingkat KK, dan gedung perkantoran di kawasan Ancol Jakarta Utara yang selanjutnya akan disingkat AC. Gedung GC merupakan bangunan penyedia jasa Data Center, gedung TE adalah kantor pusat *client*, sedangkan gedung KK dan AC adalah kantor cabang yang terhubung dengan jaringan WAN. Masing – masing *site* dan semua node perangkat dalam *site* terhubung dengan link 100 BaseT yang mewakili bandwidth sebesar 100 Mbps.



Gambar 3.3 Topologi Jaringan yang Dirancang

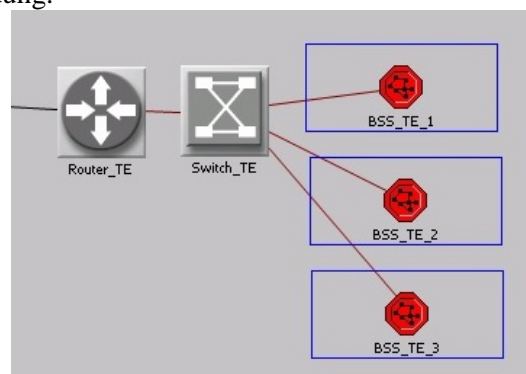
*Server* untuk melayani layanan multimedia terdapat pada German Center dan layanan diarahkan kepada *client* yang terdapat di The East, Kota Kasablanka, dan Ancol. *Router* pada semua *site* terhubung dengan *cloud* jaringan WAN.

Pada *site* GC terdapat satu *router* yang berfungsi untuk menghubungkan *site* dengan *cloud* jaringan WAN, satu *switch*, dan tiga *server* yaitu FTP server, video server, dan VoIP server.



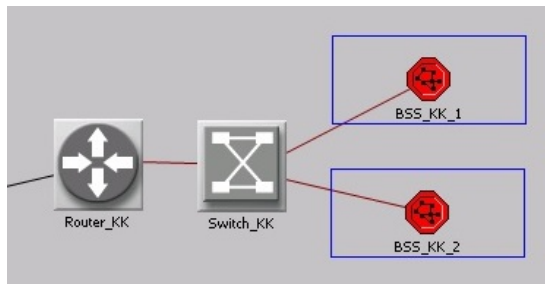
Gambar 3.4 Topologi Site GC

Pada *site* TE terdapat satu *router* yang berfungsi untuk menghubungkan *site* dengan *cloud* jaringan WAN, satu *switch*, dan tiga BSS yang mewakili ketiga area *access point* yang digunakan dalam kantor gedung.



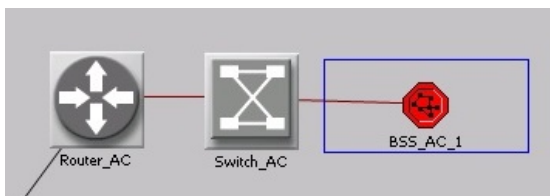
Gambar 3.5 Topologi Site TE

Pada *site* KK terdapat satu *router* yang berfungsi untuk menghubungkan *site* dengan *cloud* jaringan WAN, satu *switch*, dan dua BSS yang mewakili kedua area *access point* yang digunakan dalam kantor gedung.



Gambar 3.6 Topologi Site KK

Pada *site* AC terdapat satu *router* yang berfungsi untuk menghubungkan *site* dengan *cloud* jaringan WAN, satu *switch*, dan satu BSS yang mewakili area *access point* yang digunakan dalam kantor gedung.



Gambar 3.7 Topologi Site AC

### 3.2 Konfigurasi dan Alokasi IP Address

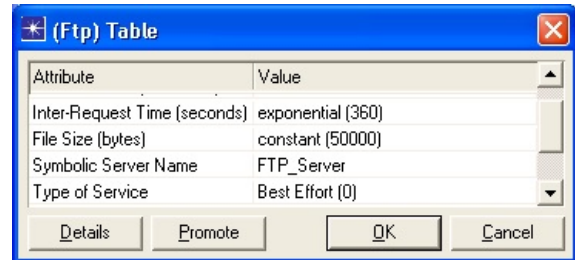
Untuk dapat terhubung dan komunikasi satu sama lain, masing – masing perangkat pada jaringan harus dilakukan pengaturan IP *address*. Keseluruhan terdapat 7 *segment* IP *address*, yaitu 1 *segment* untuk *server* pada *site* GC, 3 *segment* untuk *client* yang terhubung dengan 3 *access point* pada *site* TE, 2 *segment* untuk *client* yang terhubung dengan 2 *access point* pada *site* KK, dan 1 *segment* untuk *client* yang terhubung dengan sebuah *access point* pada *site* KK.

*Router* pada masing – masing *site* juga dilakukan pengaturan IP *address* agar dapat terhubung dengan jaringan WAN. Berikut pembagian alokasinya:

Site	Router IP	Alokasi IP	Subnet Mask	Default Gateway
German Center	10.33.55.17/8	192.168.100.1/24	255.255.255.0	192.168.100.254
The East	10.33.55.18/8	192.168.101.1/24	255.255.255.0	192.168.101.254
		192.168.102.1/24	255.255.255.0	192.168.102.254
		192.168.103.1/24	255.255.255.0	192.168.103.254
		103.1/24	255.0	254
Kota Kasablanka	10.33.55.19/8	192.168.104.1/24	255.255.255.0	192.168.104.254

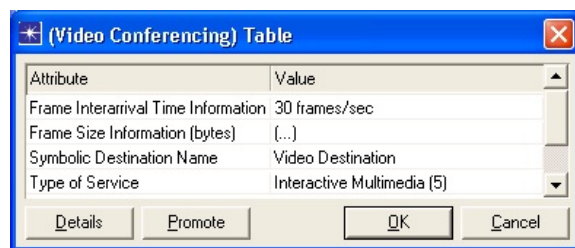
		192.168.105.1/24	255.255.255.0	192.168.105.254
Ancol	10.33.55.20/8	192.168.106.1/24	255.255.255.0	192.168.106.254

### Konfigurasi Aplikasi Layanan Multimedia



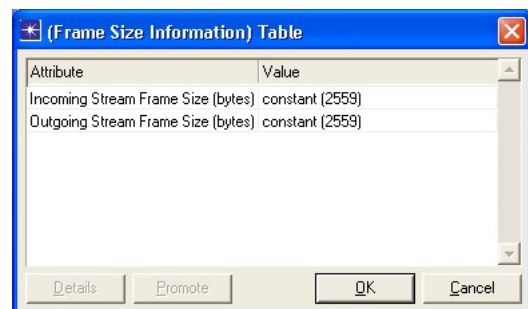
Gambar 3.8 Konfigurasi Aplikasi FTP

Berikut merupakan konfigurasi aplikasi FTP. Asumsi *file sharing* menggunakan *file* Microsoft Office dengan kapasitas rata – rata 50 KB yang diakses dengan rata – rata waktu 6 menit. Pada pengaturan *Type of Service* menggunakan *Best Effort* (0) yang berarti FTP merupakan prioritas terakhir setelah VoIP dan *video* dalam antrian.



Gambar 3.9 Konfigurasi Aplikasi Video

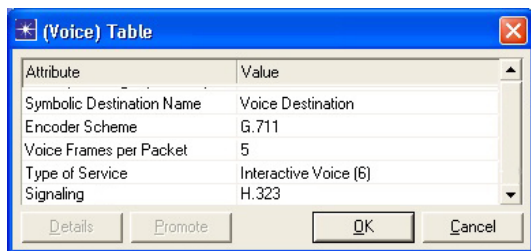
Berikut merupakan konfigurasi aplikasi *Video* yang dilakukan setelah mendefinisikan layanan FTP. Konfigurasi tersebut menggunakan pengaturan *VCR Quality Video* yang berarti *video* dengan resolusi besar yang mempunyai *frame interarrival time information* sebesar 30 fps. Nilai *Type of Service* menggunakan *Interactive Multimedia* (5) yang berarti bahwa *video* merupakan prioritas kedua setelah VoIP dalam sistem antrian.



Gambar 3.10 Video Frame Size



Untuk pengaturan *Video Frame Size Information* menggunakan nilai *incoming* dan *outgoing* yang konstan sebesar 2559 bytes sesuai standar *video conferencing H.323*.



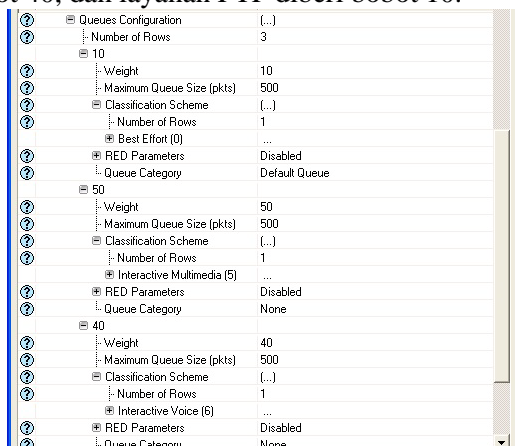
Gambar 3.11 Konfigurasi Aplikasi VoIP

Dapat dilihat bahwa konfigurasi aplikasi VoIP menggunakan *codec G.711* dan *Voice Frames per Packet* bernilai 5 sesuai standar *signaling voice H.323*. Nilai *Type of Service* menggunakan *Interactive Voice (6)* yang berarti bahwa VoIP merupakan prioritas utama dalam sistem antrian.

### Konfigurasi Skema Antrian

Penelitian ini menggunakan tiga skema antrian yaitu FIFO (*First in First Out*), PQ (*Priority Queuing*), dan WFQ (*Weighted Fair Queuing*). Dari ketiga skema antrian tersebut hanya WFQ yang dilakukan konfigurasi secara *custom* untuk pemberian nilai bobot, sedangkan untuk FIFO dan PQ tidak dilakukan konfigurasi apapun melainkan hanya dibuat secara *default* Opnet.

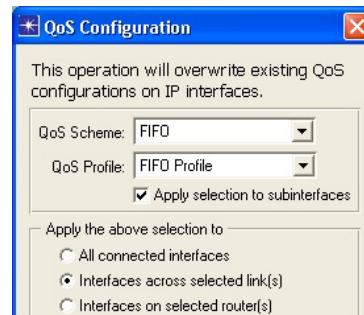
Pemberian bobot pada skema antrian WFQ, layanan *video* diberikan bobot sedikit lebih besar dari layanan VoIP untuk mencapai skema antrian yang bersifat *fair*, karena secara prioritas layanan *video* menempati prioritas kedua setelah layanan VoIP. Layanan *video* diberi bobot 50, layanan VoIP diberi bobot 40, dan layanan FTP diberi bobot 10.



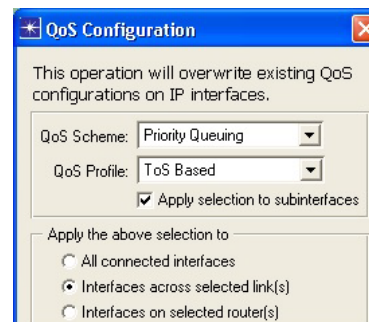
Gambar 3.12 Bobot Skema Antrian WFQ

Setelah melakukan konfigurasi bobot pada skema antrian WFQ, berikutnya dilakukan duplikat skenario untuk membentuk beberapa skenario dengan skema antrian yang berbeda. Langkah selanjutnya adalah konfigurasi skema antrian jaringan WAN, klik

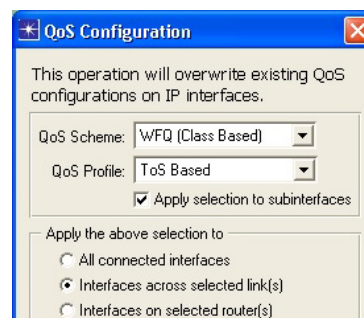
kiri link jaringan WAN yang terhubung dengan *Cloud*, kemudian memilih menu *Protocols – IP – QOS – Configure QOS*.



Gambar 3.13 FIFO untuk skenario 1



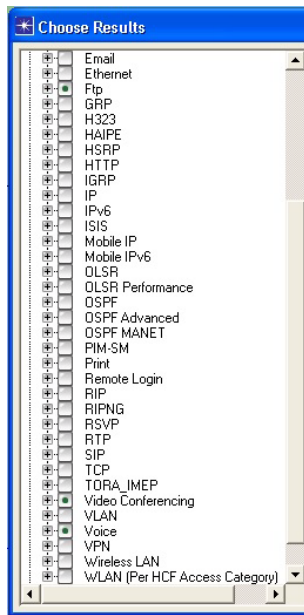
Gambar 3.14 PQ untuk skenario 2



Gambar 3.15 WFQ untuk skenario 3

### Pemilihan Statistik Parameter

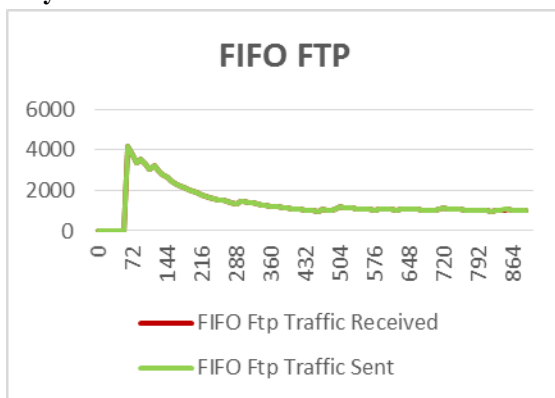
Setelah semua konfigurasi dilakukan maka berikutnya adalah memilih statistik parameter yang nantinya akan dianalisa. Penelitian ini menggunakan *Global Statistic* untuk mencari parameter yang dibutuhkan pada analisis yaitu *packet loss*, *delay*, dan *jitter*, yang berarti statistik parameter yang dihasilkan adalah nilai rata – rata keseluruhan secara global. Parameter *packet loss* menggunakan statistik *traffic sent* dan *traffic received* yang nantinya dilakukan pengukuran berupa rumus untuk mendapatkan nilai *packet loss*, parameter *delay* menggunakan statistik *packet end to end delay*, dan parameter *jitter* menggunakan statistik *packet delay variation*.



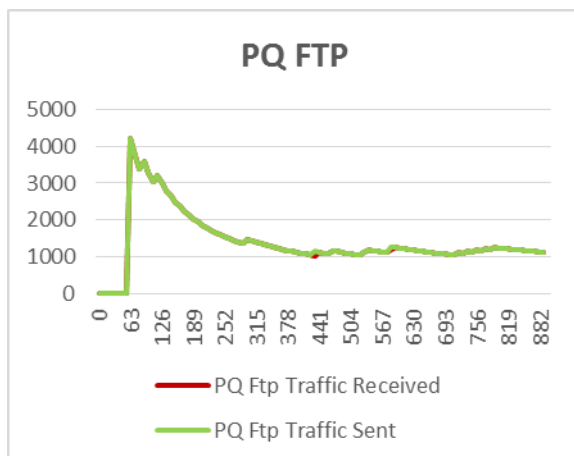
Gambar 3.16 Pemilihan Statistik Parameter

## ANALISA HASIL SIMULASI

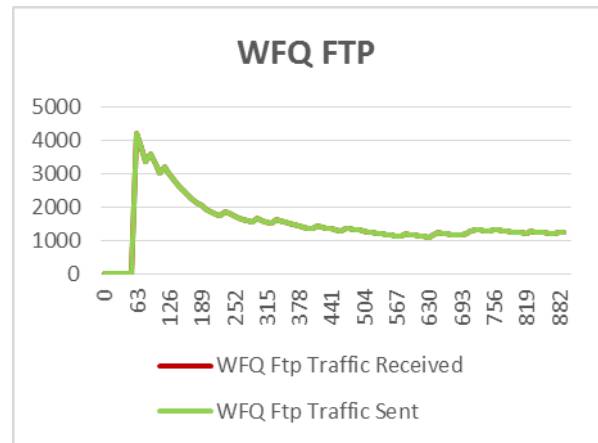
### 4.1 Layanan FTP



Gambar 4.1 FTP Traffic pada FIFO



Gambar 4.2 FTP Traffic pada PQ



Gambar 4.3 FTP Traffic pada WFQ

Dari grafik tersebut belum terlihat perbedaan antara *traffic sent* dan *traffic received* karena nilai keduanya tidak terlalu jauh sehingga grafik menjadi *overlap*. Untuk dapat melihat dan menghitung nilai *packet loss* pada layanan FTP maka grafik tersebut dikonversi dan dirata – rata seperti berikut:

	FIFO (bytes)	PQ (bytes)	WFQ (bytes)
Traffic Sent	1354.496484	1406.858681	1501.051628
Traffic Received	1353.911688	1404.883143	1501.051628

Untuk mendapatkan nilai *packet loss* maka dilakukan perhitungan kembali dengan menggunakan rumus *packet loss*.

*Packet Loss FIFO*

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{traffic sent} - \text{traffic received}}{\text{traffic sent}} \times 100\% \\
 &= \frac{1354.496484 - 1353.911688}{1354.496484} \times 100\% \\
 &= 0.04317437 \%
 \end{aligned}$$

*Packet Loss PQ*

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{traffic sent} - \text{traffic received}}{\text{traffic sent}} \times 100\% \\
 &= \frac{1406.858681 - 1404.883143}{1406.858681} \times 100\% \\
 &= 0.1404219 \%
 \end{aligned}$$

*Packet Loss WFQ*

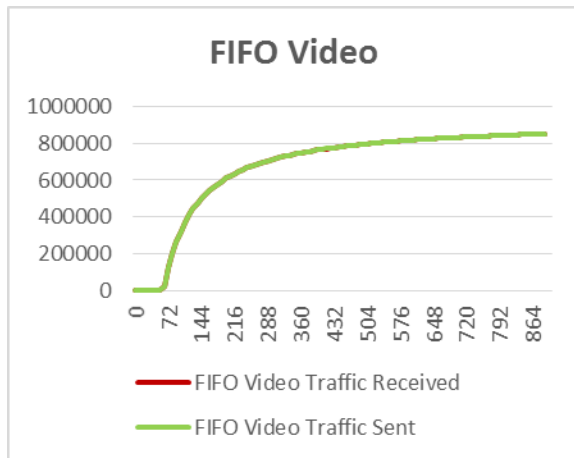
$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{traffic sent} - \text{traffic received}}{\text{traffic sent}} \times 100\% \\
 &= \frac{1501.051628 - 1501.051628}{1501.051628} \times 100\% = 0 \%
 \end{aligned}$$

Dengan mengacu pada rumus diatas, maka hasil nilai *packet loss* adalah berikut:

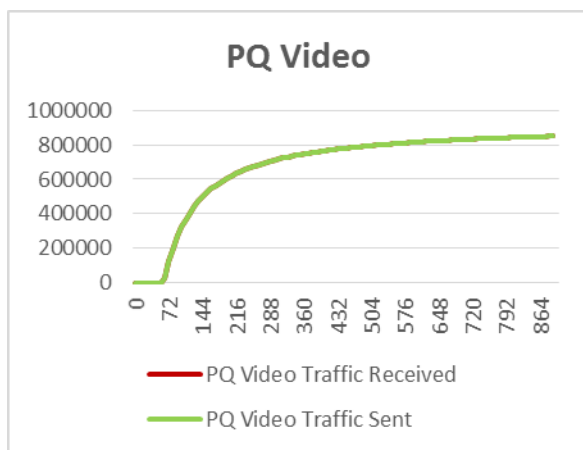
FIFO (%)	PQ (%)	WFQ (%)	Standar QoS (%)
0.04317437	0.1404219	0	0

## Layanan Video

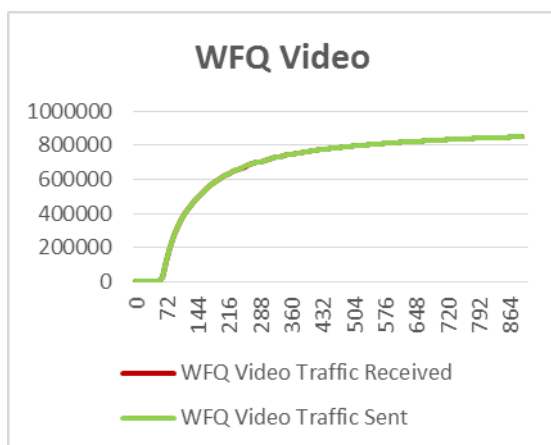
### Packet Loss



Gambar 4.4 Video Traffic pada FIFO



Gambar 4.5 Video Traffic pada PQ



Gambar 4.6 Video Traffic pada WFQ

Dari grafik tersebut belum terlihat perbedaan antara *traffic sent* dan *traffic received* karena nilai keduanya tidak terlalu jauh sehingga grafik menjadi

*overlap*. Untuk dapat melihat dan menghitung nilai *packet loss* pada layanan *video* maka grafik tersebut akan dikonversi dan dirata – rata seperti berikut:

	FIFO (bytes)	PQ (bytes)	WFQ (bytes)
Traffic Sent	671559.481	671559.472	671556.7225
Traffic Received	671502.0666	671501.0745	671499.9604

Untuk mendapatkan nilai *packet loss* maka dilakukan perhitungan kembali dengan menggunakan rumus *packet loss*.

#### Packet Loss FIFO

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{traffic sent} - \text{traffic received}}{\text{traffic sent}} \times 100\% \\
 &= \frac{671559.481 - 671502.0666}{671559.481} \times 100\% \\
 &= 0.008549414 \%
 \end{aligned}$$

#### Packet Loss PQ

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{traffic sent} - \text{traffic received}}{\text{traffic sent}} \times 100\% \\
 &= \frac{671559.472 - 671501.0745}{671559.472} \times 100\% \\
 &= 0.008695792 \%
 \end{aligned}$$

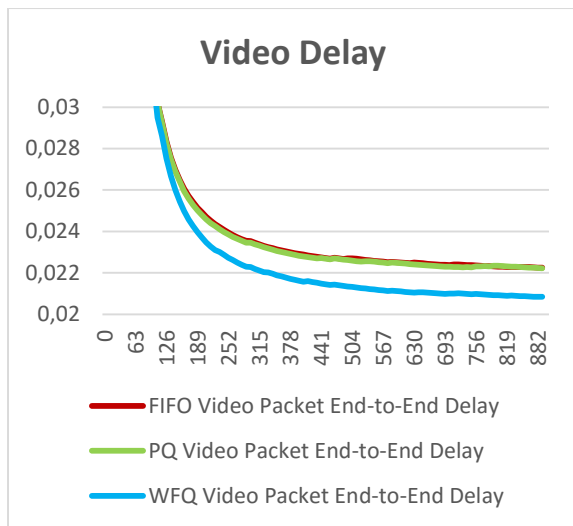
#### Packet Loss WFQ

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{traffic sent} - \text{traffic received}}{\text{traffic sent}} \times 100\% \\
 &= \frac{671556.7225 - 671499.9604}{671556.7225} \times 100\% \\
 &= 0.008452307 \%
 \end{aligned}$$

Dengan mengacu pada rumus diatas, maka hasil nilai *packet loss* adalah berikut:

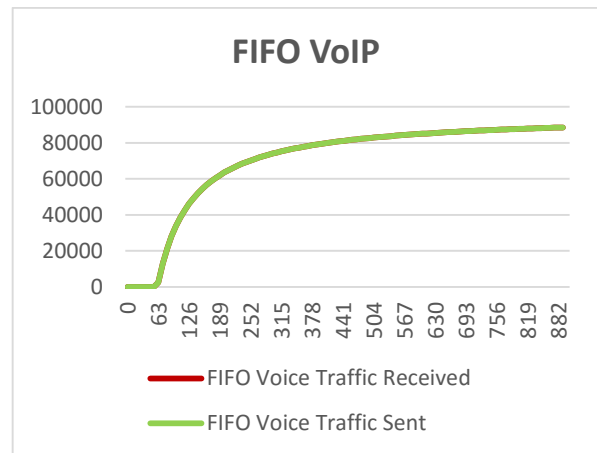
FIFO (%)	PQ (%)	WFQ (%)	Standar QoS (%)
0.008549414	0.008695792	0.008452307	< 1

## Delay



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan *Video Delay*

## Layanan VoIP Packet Loss

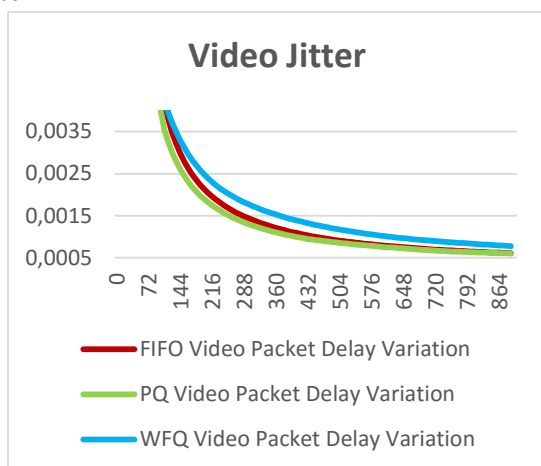


Gambar 4.9 VoIP *Traffic* pada FIFO

Apabila grafik tersebut dikonversi dan dirata – rata dengan *Microsoft Excel* maka dihasilkan berikut:

FIFO (ms)	PQ (ms)	WFQ (ms)	Standar QoS (ms)
24.48146779	24.4189979	23.27930694	Istimewa < 150 Limit < 400

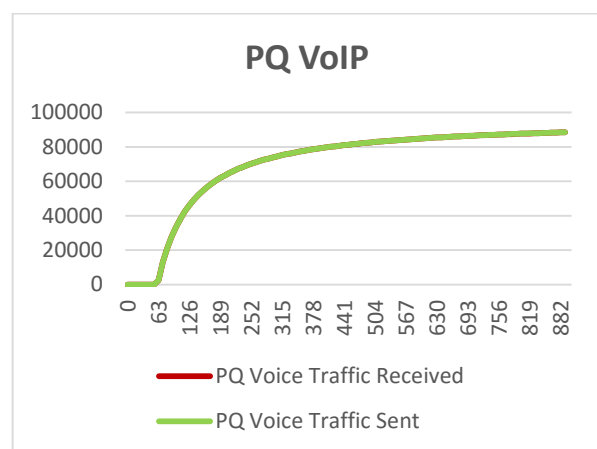
## Jitter



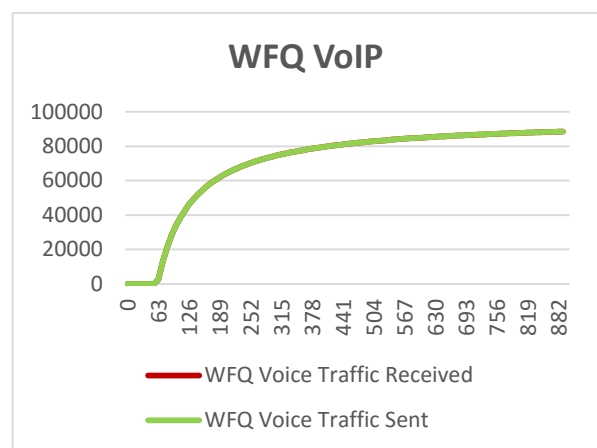
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan *Video Jitter*

Apabila grafik tersebut dikonversi dan dirata – rata dengan *Microsoft Excel* maka dihasilkan berikut:

FIFO (ms)	PQ (ms)	WFQ (ms)	Standar QoS (ms)
1.509691551	1.349287122	1.732726797	Unspecified



Gambar 4.10 VoIP *Traffic* pada PQ



Gambar 4.11 VoIP *Traffic* pada WFQ

Dari grafik tersebut belum terlihat perbedaan antara *traffic sent* dan *traffic received* karena nilai keduanya tidak terlalu jauh sehingga grafik menjadi *overlap*. Untuk dapat melihat dan menghitung nilai *packet loss* pada layanan VoIP maka grafik tersebut akan dikonversi dan dirata – rata seperti berikut:



	FIFO (bytes)	PQ (bytes)	WFQ (bytes)
Traffic Sent	69876.44696	69887.97816	69887.97816
Traffic Received	69875.31194	69886.31625	69885.49428

Untuk mendapatkan nilai *packet loss* maka dilakukan perhitungan kembali dengan menggunakan rumus *packet loss*.

$$\begin{aligned}
 &\text{Packet Loss FIFO} \\
 &= \frac{\text{traffic sent} - \text{traffic received}}{\text{traffic sent}} \times 100\% \\
 &= \frac{69876.44696 - 69875.31194}{69876.44696} \times 100\% \\
 &= 0.001624319 \%
 \end{aligned}$$

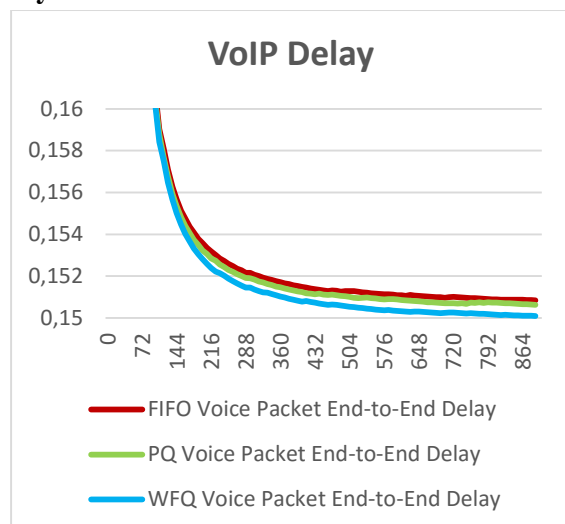
$$\begin{aligned}
 &\text{Packet Loss PQ} \\
 &= \frac{\text{traffic sent} - \text{traffic received}}{\text{traffic sent}} \times 100\% \\
 &= \frac{69887.97816 - 69886.31625}{69887.97816} \times 100\% \\
 &= 0.002377956 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Packet Loss WFQ} \\
 &= \frac{\text{traffic sent} - \text{traffic received}}{\text{traffic sent}} \times 100\% \\
 &= \frac{69887.97816 - 69885.49428}{69887.97816} \times 100\% \\
 &= 0.003554089 \%
 \end{aligned}$$

Dengan mengacu pada rumus diatas, maka hasil nilai *packet loss* adalah berikut:

FIFO (%)	PQ (%)	WFQ (%)	Standar QoS (%)
0.001624319	0.002377956	0.003554089	< 3

## Delay

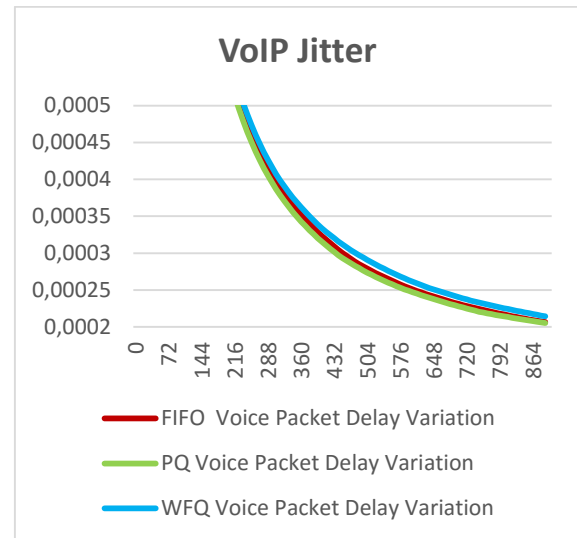


Gambar 4.12 Grafik Perbandingan VoIP Delay

Apabila grafik tersebut dikonversi dan dirata – rata dengan *Microsoft Excel* maka dihasilkan berikut:

FIFO (ms)	PQ (ms)	WFQ (ms)	Standar QoS (ms)
153.1331874	152.8649658	152.4203519	Istimewa < 150 Limit < 400

## Jitter



Gambar 4.13 Grafik Perbandingan VoIP Jitter

Apabila grafik tersebut dikonversi dan dirata – rata dengan *Microsoft Excel* maka dihasilkan berikut:

FIFO (ms)	PQ (ms)	WFQ (ms)	Standar QoS (ms)
0.40906986	0.402179261	0.425769976	< 1

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil data simulasi yang telah diperoleh dan dianalisa, maka dapat dibuat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Layanan *non real time* seperti FTP lebih efektif diberikan bobot paket pada skema antrian WFQ dibanding skema antrian dengan algoritma sederhana seperti FIFO dan PQ yang memungkinkan adanya *packet loss*, penggunaan skema antrian juga efektif menurunkan nilai *delay* dan *jitter* pada layanan *video* dan VoIP terlihat pada grafik yang menurun dari waktu awal ke akhir.
2. Secara keseluruhan skema antrian WFQ memenuhi nilai QoS *packet loss*, *delay*, dan *jitter* yang paling baik pada semua layanan, yang berarti pemberian bobot paket 50% pada *video*, 40% pada VoIP, dan 10% pada FTP terbukti efektif untuk perancangan topologi dan konfigurasi yang dibuat.
3. Hasil skema antrian pada ketiga skenario yaitu FIFO, PQ, dan WFQ secara umum sudah

memenuhi standar QoS yang dikeluarkan oleh ETSI maupun ITU, namun *delay* pada layanan VoIP memiliki nilai sedikit diatas standar istimewa tetapi masih jauh dibawah dari standar limit yang ditentukan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- ETSI. (1999). *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization over Networks: General of Quality of Service*.
- ITU-T. (2001). *Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks Quality of Service*.
- Semeria, Chunk. (2001). *White Paper Supporting Differentiated Service Classes: Queue Scheduling Disciplines*. USA: Juniper Network Inc.
- Cahyadi, Eko Fajar. (2013). *Perhitungan Kesiapan Jaringan IP Untuk Mendukung Layanan H.232 Dekstop Video conferencing Dalam Beberapa Disiplin Antrian Menggunakan OPNET*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Sulistiyo, Rosdian Ardi. (2015). *Analisa Karakteristik Teori Antrian Pada Teknologi Switching Asynchronous Transfer Mode Menggunakan OPNET Modeler 14.5*. Purwokerto: Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom.